PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 46. 18. August 1900. I. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
G. W. Pierce, Über die Verwendung des Radiomikrometers zur Messung kurzer elektrischer Wellen. S. 509.

Vorträge und Reden:
H. A. Lorentz, Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen. (Fortsetzung u. Schluss.) S. 514.

Referate über die Berichte des Internationalen Physikerkongresses zu Paris:
E. Bouty, Die Gase als Dielektrika. S. 519.
G. van der Mensbrugghe, Über die Kapillarerscheinungen. S. 521.
M. Brillouin, Hängt die Diffusion der Gase ohne poröse Wand von der Konzentration ab? S. 522.

Berichte von der Pariser Weltausstellung:
No. 3. E. Ruhmer, Das Bremer-Licht. S. 523.

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Berlin. S. 524.

Tagesereignisse. S. 524.

Personalien. S. 524.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Verwendung des Radiomikrometers zur Messung kurzer elektrischer Wellen.

Von G. W. Pierce.[1])

Klemenčič[2]) führte das Thermoelement zum Studium elektrischer Wellen ein. Das Eigenartige seiner Anordnung bestand in zwei dünnen Metallblättchen M, 10 cm breit, 30 cm lang, an die bei einem gegenseitigen Abstande von 3 cm je ein sehr dünner Draht von Platin und Platinnickel angelötet war. Diese Drähte sind bei k in Kreuzform um einander gelegt und werden von

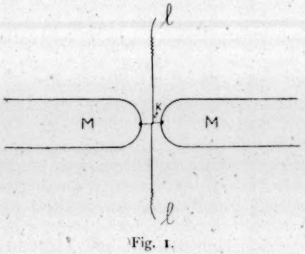


Fig. 1.

dort in rechten Winkeln fortgeführt. Bei l sind sie an die Zuleitungen eines empfindlichen Galvanometers angelötet. Dieses Resonatorsystem befindet sich in der Brennlinie eines geeigneten cylindrischen Metallspiegels. Elektrische Schwingungen zwischen M und M werden nun eine Erwärmung am Kreuzungspunkte k erzeugen, die ein Anwachsen der thermo-elektromotorischen Kraft verursacht und infolgedessen einen Strom im Galvanometer entstehen lässt. Mit diesem Instrumente studierte Klemenčič die Reflexion elektrischer Wellen an Metallen und Schwefel; bezüglich der Wellenlängen jedoch war er nicht imstande, genaue quantitative Resultate zu bekommen.

Cole[1]) mass unter Anwendung einer ähnlichen Vorrichtung von kleineren Dimensionen die Reflexionskoeffizienten an Oberflächen von Wasser und Alkohol in den zwei Hauptazimuthen und berechnete hieraus nach Fresnels Formeln die Brechungsexponenten und die Dielektrizitätskonstanten dieser beiden Substanzen. Ebenso hat Cole[2]) mit Hilfe des Thermoelements die Absorption elektrischer Wellen in Wasser und Alkohol gemessen.

P. Lebedew[3]) arbeitete mit Wellen noch kleinerer Dimensionen unter Anwendung einer wenig veränderten Form des Thermoelements und erzielte damit wichtige Resultate.

Nachstehend wird nun die Beschreibung einer Anordnung gegeben, von der ich fand, dass sie bei quantitativen Versuchen über elektrische Wellen gut anwendbar ist.

Der Empfänger: Als Empfänger benutzte ich ebenso wie Klemenčič und Cole ein Thermoelement. Aber anstatt wie diese ein besonderes Galvanometer zu verwenden, verlegte ich das Thermoelement in die Aufhängung eines dem Mikroradiometer von Professor Boys ähnlichen Instruments. Die Anordnung ist in 2 Schnitten nachstehend abgebildet. Fig. 2 giebt einen Vertikalschnitt durch die Aufhängung senkrecht zum magnetischen Felde. Auf einer mit Fussschrauben versehenen Grundplatte B steht ein parabolischer Cylinderspiegel aus Holz, auf der Innenseite mit Kupfer belegt. R ist die konkave Seite des Reflektors, die Öffnung desselben zeigt nach rechts. Auf dem Reflektor, durch eine Messingplatte von demselben getrennt, befindet sich ein mit Pol-

1) Americ. Journ. of Scienc. (4), **9**, 52, April 1900.
2) Ignaz Klemenčič, Über die Reflexion von Strahlen elektrischer Kraft, Wied. Ann. **45**, 62, 1892.

1) A. C. Cole, Wied. Ann. **57**, 290, 1896.
2) Cole, Phys. Review, **7**, Nov. 1898.
3) Peter Lebedew, Doppelbrechung der Strahlen elektrischer Kraft. Wied. Ann. **56**, 1, 1895.

schuhen armierter Hufeisenmagnet, *M*. Die Pole desselben stehen nahe einander gegenüber und greifen in eine Messingröhre ein, durch die der Aufhängefaden geht. Die gestrichelte Linie in der Verlängerung dieser stellt eine Glasröhre dar. Die Brennweite des Reflektors beträgt 2 cm, die Weite der freien Öffnung 16 cm bei 13 cm Höhe.

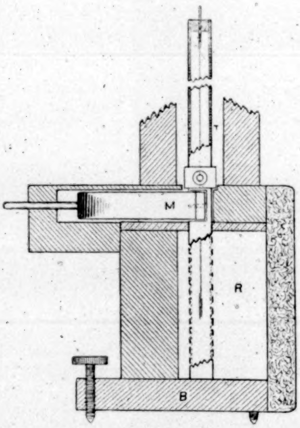


Fig. 2.

Die Polschuhe sind 2,5 cm hoch; das Thermoelement befindet sich 6,7 cm unterhalb des Magneten. Die Polschuhe stehen 4 mm auseinander und sind dünn mit Kupfer überzogen, um eine Berührung des Eisens mit der Windung zu vermeiden.

Eine klarere Vorstellung von der Aufhängung giebt Fig. 3, die einen durch die Achse des magnetischen Feldes gelegten Schnitt darstellt.

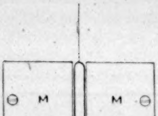


Fig. 3.

Der Stromkreis besteht aus einer einzigen Windung eines 2 mm starken, mit Seide umsponnenen Kupferdrahtes. Unterhalb der Windung sind die Drähte in einer Länge von ca. 5,5 cm zusammengedreht, dann gehen sie wieder auseinander und bilden die Zuleitungen *a a*. Das resonierende System besteht aus zwei Kupfercylindern *o o*, 8 mm lang und 1 mm im Durchmesser. Letztere sind etwa 1 mm auseinander und an ihren gegenüberliegenden Enden sind je ein Konstantan- und Manganindraht angelötet. Die Durchmesser[1]) der Drähte sind durch Abätzen mittelst Königswassers auf etwa 0,1 bis 0,2 mm reduziert.

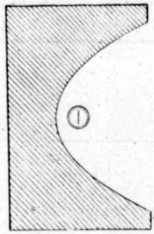


Fig. 4.

Sie sind bei *k* gekreuzt, dann rechtwinklig abgebogen und mit den Zuleitungen *a a* verlötet. Sie bilden so mit der oberen Windung einen geschlossenen Stromkreis. Die Resonatoren, *o o*, sind mittels seidener Fäden, die Zuleitungsdrähte mit Klebwachs (bei *w*) auf einem Glimmerplättchen befestigt. Die dünnen Drähte werden durch die Federkraft der Zuleitungen bei *k* in Kontakt gehalten.

Der Zwischenraum zwischen den Polschuhen des Magneten, die durch die seitlich aufgeschnittene Messingröhre durchgesteckt sind, beträgt etwa 3 mm. Die Polschuhe sowie der Magnet selbst können so zurückgezogen werden, dass man die Aufhängung in die Röhre einsenken kann. Wieder vorgeschoben wird die Windung so eng umschlossen, dass Luftströmungen nicht bis zur Aufhängung gelangen können.

Wenn elektrische Wellen von bestimmter Wellenlänge auf den Spiegel gelangen, so werden sie auf den Resonator reflektiert und verursachen elektrische Schwingungen zwischen den beiden Cylindern *o o*; das Thermoelement wird erwärmt und erzeugt einen konstanten Strom in der Windung. Da diese sich in einem starken magnetischen Feld befindet, so dreht sich die Windungsebene der Spule und stellt sich in einem kleinen Winkel gegen seine frühere Lage. Diese kleinen Ablenkungen wurden mittels eines Elliotschen Ablesefernrohres bestimmt. Dank der Güte dieses Instrumentes konnten Zehntelmillimeter noch mit vollständig ausreichender Genauigkeit ermittelt werden.

Um das Thermoelement aufs sorgfältigste gegen strahlende Wärme zu schützen, waren

1) Über die Herstellung solcher dünner Drähte s. Lebedew l. c.

der Magnet, die Rückseite des Empfängers, wie auch die Röhre, in der sich die Aufhängung befand, mit einer 3 cm dicken Holzlage bedeckt. Der Empfänger war auf seiner offenen Seite durch eine Baumwollschicht gleicher Dicke abgedeckt. Das Ganze befindet sich dann noch unter einer 5 bis 6 cm dicken Filzlage. Der einzige exponierte Teil ist der Spiegel der Aufhängung, der durch ein doppeltes Glasfenster beobachtet werden konnte und auch noch ausserdem durch Schirme gegen die Lampen im Zimmer und den Körper des Beobachters geschützt war.

Das System hängt an einem dünnen Quarzfaden, dessen Torsion dann auch noch als Kontrolle benutzt werden konnte. Der Galvanometerspiegel wog 0,05 g; die Kupferresonatoren 0,144, die übrigen Teile des Systemes 0,27 g. Die Schwingungsdauer betrug 3 Sec. und der Widerstand des Thermoelementes etwa 2 Ohm.

Man könnte nun vermuten, dass die Empfindlichkeit des Instruments hätte gesteigert werden können, wenn auf der Spule etwa 30 Windungen gewesen wären. Ihr Widerstand wäre dann gleich dem des Thermoelements gewesen.

Ich habe indessen gefunden, dass die Feldbeeinflussung durch die magnetischen Eigenschaften des Kupfers so gross ist, dass eine kleinere Empfindlichkeit mit einer grossen Windungszahl erreicht wird als mit einer einzigen Windung. Die Anordnung kann wegen des Widerstandes des Thermoelements nicht auf die ungewöhnlich hohe Empfindlichkeit des Originalapparates von Boys gebracht werden.[1]) Ihre Empfindlichkeit ist jedoch immerhin unter Verwendung eines Thermoelements und eines Galvanometers von geringem Widerstande nicht leicht zu erreichen.

Folgendes mag hiervon ein angenähertes Urteil geben.

Ein Thermoelement, aus käuflichem Neusilber- und Manganindraht, erzeugte in einem Galvanometer von einer Empfindlichkeit von 10^{-8}, wenn es den Wärmestrahlen einer entfernten Lampe ausgesetzt war, einen Ausschlag von 2 cm. Oben beschriebene Anordnung ergab bei etwa derselben Erwärmung, abzüglich des Betrages, den die Glasröhre absorbierte, 40 cm Ablenkung. Hätte man diesen mit dem Neusilbermanganinelement erreichen wollen, so wäre ein Galvanometer dazu nötig gewesen, indem bei 100 cm Skalenabstand ein Strom von 5×10^{-10} Amp. noch einen Millimeter Ausschlag hätte geben müssen. Ein anderer Vorteil der D'Arsonvalanordnung ist der, dass sie leicht aperiodisch gemacht werden kann und dass von aussen kommende magnetische Störungen sie nicht beeinflussen. Dieses ist speziell wichtig bei der Messung elektrischer Wellen, da man in Anbetracht der wechselnden Art der Erzeugung derselben mit Stromstössen anstatt mit permanenten Ablenkungen zu arbeiten gezwungen ist. Um brauchbare Ablenkungen zu erhalten, ist es notwendig, dass das aufgehängte System von einer Ruhelage aus schwingt. Diese Bedingung ist mit einem empfindlichen Galvanometer schwer zu erreichen. Oben beschriebenes Instrument änderte seine Ruhelage in dem Zeitraum von über einem Monat nur sehr wenig und kam, wenn eine Ablesung gemacht war, sehr schnell zur Ruhe. Die einzigen Störungen, die es erlitt, wurden durch geringe Schwankungen seiner Aufstellung verursacht.

Das Instrument wurde anfangs vom Oscillator direkt elektrostatisch stark beeinflusst. Es stellte sich heraus, dass dieses durch einen kleinen Kondensator verursacht wurde, der in Serie mit der Sekundärspule des Induktoriums geschaltet war, um eine Lichtbogenbildung am Oscillator zu vermeiden. Durch Wegnehmen der Kapazität und durch Bedecken des oberen hölzernen Teiles des Empfängers mit Zinnfoline wurde diese Störung dauernd beseitigt.

Der Geber: Zwei Platincylinder mit Iridiumenden sind in kurze Thermometerröhren eingeschmolzen. Letztere gehen durch Gummistöpsel und befinden sich im Inneren einer weiteren Röhre T von 2 cm Durchmesser. Diese ist mit Öl gefüllt und mit Holzklammern in der Axe eines dem Empfängerspiegel in seinen Abmessungen gleichen Reflektors befestigt. Die Entfernung zwischen den Platincylindern des Gebers kann mittelst der Mikrometerschraube s einreguliert werden. In den engeren Röhren befinden sich dünne Platindrähte, von denen Kupferzuleitungen nach der sekundären Spule eines Induktoriums mittlerer Grösse führen. Die beiden Funkenstrecken b trennen diese Drähte von den Platincylindern und isolieren letztere. b ist etwa 2 mm lang. Von dieser Länge scheint die Periode der Oscillationen in geringem Masse abhängig zu sein;

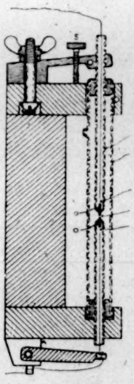


Fig. 5.

1) C. V. Boys, Phil. Trans., 180, A. 159, 1888—1889.

durch die Reguliervorrichtung kann man sie nahezu gleich der des Resonators machen. Die Ölfunkenstrecke *a* muss sehr kurz sein um ein Auslöschen der Oscillationen zu vermeiden.

Recht unangenehm bemerkbar macht sich die Abnutzung der Enden der kleinen Cylinder bei diesem kleinen Zwischenraum; dadurch wird die Dämpfung geändert, mithin auch die Menge von Energie, die in Form elektrischer Wellen weggeht. Das einzige Metall, das man in Glasröhren verschmelzen kann, ohne befürchten zu müssen, dass das Glas bei einer Erwärmung gesprengt wird, ist Platin. Es stellte sich indess heraus, dass Platin sehr stark angegriffen wurde; speziell durch den bei der Zersetzung des Öls auftretenden Wasserstoff. Ich versuchte die Abnutzung des Oscillators dadurch einzuschränken, dass ich Stückchen Iridium mittelst Kupfer anlötete. Iridium wird viel langsamer verbraucht als Platin. Andere Oscillatoren, mit Silberenden versehen, wurden noch verwandt, jedoch bewährte sich Iridium stets besser. Da indes immer bloss eines der beiden Enden der Abnutzung hauptsächlich ausgesetzt ist, kann man ebenso gut mit je einem Silber- und Iridiumende arbeiten, als mit zwei aus Iridium bestehenden. Die bei der Zersetzung des Öles entstehende Kohle überzieht diese Enden und schliesst sie zeitweilig kurz, was die Ablesung beeinträchtigt. Ich habe jedoch nicht versucht, diesen Mangel zu beseitigen, wie es durch häufiges Erneuern des Öls hätte geschehen können. Besser wäre es vielleicht gewesen, einen kontinuierlichen Ölstrom durch die Funkenstrecke hindurchströmen zu lassen. Als flüssiges Dielektrikum bei *a* wurde Vaselinöl verwandt (Righi).

Der Unterbrecher: Um kräftige gleichbleibende Wellen zu bekommen, ist es Bedingung, dass der Primärstrom des Induktors schnell und gleichförmig unterbrochen wird. Ich verwandte zu diesem Zweck einen Unterbrecher des Foucault-Typus. Eine Platinspitze, welche durch einen Excenter mit der Welle eines Wechselstrommotors in Verbindung steht, taucht in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss intermittierend ein. Der Motor ist von dem Typus der von der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft" zum Treiben ihrer kleinen transportabeln Ventilatoren benutzten. Die Umdrehungszahl beträgt hierbei etwa 1500 in der Minute. Die Oberfläche des Quecksilbers kann durch einen kontinuierlich überfliessenden Wasserstrom rein gehalten werden, ein Verfahren, dass schon früher in dem hiesigen Laboratorium von Herrn Maclean[1]) angewandt wurde. Trotz all dieser Vorsichtsmassregeln war es mir dennoch unmöglich, völlig gleichbleibende Wellen zu erhalten. Der Oscillator verdirbt immer mehr und die Ablesungen des Instruments werden allmählich kleiner. Indessen ist diese Fehlerquelle in ihrem Verlauf durchaus regelmässig und kann gut eliminiert werden durch entsprechende Anordnung der Ablesungen und Beobachtung von Mittelwerten.

Wenn die Funkenstrecke im Öl gut einreguliert ist, kann bei einem Abstande des Gebers vom Empfänger von 50 cm ein Ausschlag von 8 cm erzielt werden. Um indess grössere Regelmässigkeit in den Messungen zu erhalten, wurde die Funkenstrecke gewöhnlich so eingestellt, dass die Ablenkungen 1 und 3 cm betrugen.

Genauigkeit der Messungen. Vor allem drängt sich die Frage auf: welche Beziehungen bestehen zwischen den Ablenkungen des Instrumentes und zwischen der Intensität der Strahlen, die diese Ablenkungen verursachen. Man könnte vermuten, beide wären einander direkt proportional, da ja die Ausschläge der elektromotorischen Kraft des Thermoelementes direkt proportional sind. Die elektromotorische Kraft würde sehr nahe proportional sein der entwickelten Wärmemenge, welche, da sie die Dimension einer Energie hat, der Intensität der Wellen proportional sein sollte.

Versuche, dieses zu prüfen, indem man den Geberspiegel beseitigt und die Ausschläge des Empfängers bei wechselndem Abstande misst, sind mit Schwierigkeiten verbunden. Denn, wenn man sich einerseits auf Hertzs mathematische Betrachtungen über den Oscillator stützt, nach denen die Intensität umgekehrt proportional dem Quadrate des Abstandes ist, so wird man bei einer geradlinigen Ausgangsstelle und einem parabolischen Empfängerspiegel zu einem Integral kommen, dessen Lösung Schwierigkeiten bereitet. Andererseits kann man die Schwierigkeiten, die durch die Beugung entstehen, nicht umgehen.

Ich habe nun auf einem anderen Wege versucht in das Studium der Ablenkungen des Empfängers experimentell einzudringen. Geber und Empfänger waren mit ihren Parabolspiegeln versehen und es wurde die jeweilige Wirkung gemessen, wenn der Oscillator um einen kleinen Winkel *α* um die gemeinsame optische Axe der beiden Spiegel gegen den Resonator gedreht wurde. Der Oscillator befand sich dem Resonator in einem Abstand von 52 cm gerade gegenüber, und der Drehungswinkel wurde an einer auf der Rückseite des Oscillatorspiegels angebrachten Skala abgelesen. In nachstehender Tabelle geben die Kolonnenköpfe die Drehungswinkel. Die Kolonnen enthalten die zugehörigen Ablenkungen des Empfängers in

1) G. V. Maclean, Americ. Journ. of Scienc. **8**, Juli 1899.

Millimetern. Es wurde abwechselnd in beiden Stellungen abgelesen.

0°	30°	0°	45°	0°	60°	0°	90°
12,2	9,8	12,4	6,9	11,2	4,2	10,4	1,5
11,9	10,1	12,2	6,4	11,6	4,2	9,5	1,1
11,0	9,4	12,0	6,6	12,5	3,9		1,2
11,6	8,9	11,9	6,6	11,3	3,7		
11,0	8,7	11,6		10,6	4,2		
10,5	8,5						
10,6	8,5						
10,3							
11,14	9,13	12,0	6,62	11,4	4,04	10,0	1,3
Verhält.:	0,819		0,552		0,355		

Andere, für das letzte Verhältnis erhaltene Werte {0,13; 0,16; 0,17}
Im Mittel 0,15

Wenn nun die Welle geradlinig polarisiert ist und man die Einwirkung der zweiten Metallreflexion auf die Art der Polarisation vernachlässigt, so sollte für die Komponente der Intensität in der Richtung des Resonators die Formel gelten

$$\frac{J_1}{J_2} = \cos^2 a.$$

Aber wenn die Spiegel gegeneinander rechtwinklig standen, verblieb eine kleine Ablenkung, die nach der Formel nicht stattfinden dürfte. Dass dieselbe durch einen zwischengeschobenen metallischen Schirm beseitigt werden konnte, erwies, dass ihr Ursprung in den Wellen zu suchen war. Ob nun diese Wirkung einer gemischten Polarisation zuzuschreiben war oder einer Einwirkung der Wellen auf die kurzen dünnen Drähte, senkrecht zu den resonierenden Cylindern des Thermoelementes, immer ergiebt sich eine Intensitätskomponente senkrecht zu der durch die Formel ausgedrückten und verlangt die Hinzufügung eines Ausdruckes $0{,}15 \sin^2 a$.

Es ist dann

$$\frac{J_1}{J_2} = \cos^2 a + 0{,}15 \sin^2 a.$$

Mit Hülfe dieser Formel habe ich die Intensitätsverhältnisse berechnet und gebe dieselben in der dritten Kolonne folgender Zusammenstellung an, um Vergleiche zu ziehen mit dem Verhältnis der Ablenkungen.

a	$\frac{J_1}{J_2}$ (beobachtet)	$\frac{J_1}{J_2}$ (berechnet)
0	1	1
30	0,819	0,79
45	0,552	0,575
60	0,355	0,362
90	0,15	0,15

Wie man sieht, stimmen die berechneten Werte ziemlich gut mit den Beobachtungen überein. Obschon nun auch die Experimente nicht entscheidend sein mögen, scheint es doch sehr wahrscheinlich, dass die Ablenkungen des Empfängers proportional der Intensität der Wellen sind.

Mittelst stehender Wellen wurde die Wellenlänge bei diesem und folgendem Versuche auf 4,4 cm bestimmt.

Durchlässigkeit von Holz. Righi hat gezeigt, dass gewisse Holzarten die Wellen besser durchlassen, wenn die Faserung in einer anderen Richtung zum Oscillator steht als in der dazu senkrechten. Untenstehende Zahlen bestätigen dieses. Ein Brett aus Fichtenholz 22,4 cm im Quadrat und 4,8 cm dick wurde zwischen Geber und Empfänger gebracht. Beobachtet wurde ohne Brett, ferner mit Brett parallel zu den Wellen und senkrecht dazu. Folgende Tabelle enthält die Ablesungen in Millimetern, die Striche ergeben die Aufeinanderfolge der Beobachtungen.

	ohne Holz		Faserung senkrecht		Faserung parallel
			13,4	——	8,0
	15,4	——	12,8		7,9
	15,8		12,2		7,0
	17,1		12,2		7,0
	15,0		12,0		6,5
	14,5		10,5		6,9
	14,2		10,0		7,1
	14,2				
Mittel	15,2		11,9		7,2

Durchgelassene Strahlung in Prozenten der auffallenden Stahlung

bei parallel stehender Faserung 47,4
bei senkrecht stehender Faserung 78,3.

Die Durchlässigkeit dieses Holzstückes, wenn die Faserung parallel zu den Oscillationen steht, ist mithin 60 Proz. des Betrages bei senkrecht verlaufenden Fasern. Eine andere Messreihe ergab hierfür 59,2 Proz.

Eichen- und Schwarzlindenholz (white wood) giebt für die beiden Orientierungen nur geringe Unterschiede. Das charakteristische Verhalten des Fichtenholzes liegt eben in seiner verschiedenen Durchlässigkeit in Richtung und quer zu der Faserung. Ein aus Metallstreifen (Breite und gegenseitiger Abstand je 2 cm) gebildetes Gitter liess 96 Proz. der einfallenden Wellen durch, wenn die Streifen quer zum Oscillator und 29 Proz., wenn sie parallel dazu verliefen. Eine einzelne Metallstange, von 3,16 Zoll Durchmesser parallel zur elektrischen Verschiebung zwischen Geber und Empfänger gebracht schirmte 40 Proz. der Wellen ab.

Diese einfachen Versuche sind hier bloss angeführt, um die Brauchbarkeit des Apparates beim quantitativen Arbeiten mit elektrischen Wellen darzuthun.

Weitere Versuche sind im Gang.

Jefferson Physical Laboratory. Harvard University.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Fritsch.)

(Eingegangen 5. Juli 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Elektromagnetische Theorien physikalischer Erscheinungen.

Von H. A. Lorentz.

(Fortsetzung und Schluss.)

Das waren die hauptsächlichsten Gründe, die Maxwell bestimmten, anzunehmen, dass ein Lichtstrahl nichts anderes sei, als eine Aufeinanderfolge von sehr rasch, nämlich hunderte Billionen mal in der Sekunde die Richtung wechselnden elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen.

Auf weitere Einzelheiten darf ich hier nicht eingehen. Kein Physiker bezweifelt augenblicklich noch, dass die Theorie in der Hauptsache richtig ist. Wer würde sich denn auch vorstellen wollen, dass zwei Gleichgewichtsstörungen sich in demselben Medium mit derselben Geschwindigkeit ausbreiten, ohne dass zwischen beiden eine Beziehung oder Übereinstimmung bestünde?

Die experimentelle Bestätigung dessen, was Maxwell aus seinen Formeln abgeleitet hatte, lieferte Hertz. Nachdem eine bewundernswerte Einsicht in die Bedeutung von scheinbar unbedeutenden Erscheinungen ihn eine Methode zur Wahrnehmung von schnellen Schwingungen hatte finden lassen, glückte es ihm in seinem Auditorium im Karlsruher Polytechnikum, wo er über einen Abstand von 15 Meter verfügte, nachzuweisen, dass die elektrischen Schwingungen sich nach den gewöhnlichen Gesetzen der Wellenbewegungen fortpflanzen, und dass die Geschwindigkeit, mit der sie das thun, innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler gerade so gross ist, wie es die Theorie verlangt.

Diese elektrischen Wellen unterscheiden sich von den Lichtwellen nur durch die geringere Geschwindigkeit, womit die entgegengesetzt gerichteten Gleichgewichtsstörungen mit einander abwechseln. Bei den ersten Versuchen, welche Hertz unternahm, betrug die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde ungefähr 100 Millionen, bei den gelben Lichtstrahlen beträgt sie 500 Billionen. Hiermit hängt der Unterschied in den Wellenlängen zusammen; dieselbe betrug bei Hertz einige Meter und ist beim gelben Licht nicht einmal der tausendste Teil eines Millimeters. Die Schwingungen von Hertz sind mit Wellen auf der Wasseroberfläche zu vergleichen, wobei die Wellenberge in grossen Intervallen auf einander folgen, die Lichtschwingungen mit feinen, dicht aufeinander gedrängten Kräuselungen des Flüssigkeitsspiegels. Dieser quantitative Unterschied ist indes der einzige, welcher zwischen beiden besteht. Auch in den Röntgenstrahlen haben wir es aller Wahrscheinlichkeit nach mit elektromagnetischen Gleichgewichtsstörungen zu thun. Haga und Wind fanden für deren Wellenlänge 1—2 zehnmillionstel Millimeter. Von dem Namen „X-Strahlen" wollen sie daher nun auch nichts mehr wissen.

Zahllos sind die Versuche, die durch die Arbeiten von Hertz angeregt wurden. Sie führten zu Marconis Telegraphie ohne Draht, bei welcher intermittierend während längerer oder kürzerer Zeiten elektrische Schwingungen, die den Strichen und Punkten des Morse-Alphabets entsprechen, durch den Luftraum ausgesandt werden. Es wurde ferner bewiesen, dass die „Strahlen elektrischer Kraft", wie sie Hertz nannte, nicht allein, was die Fortpflanzung in der Luft, sondern auch was Reflexion, Brechung und manche andere Erscheinung betrifft, denselben Gesetzen gehorchen, wie die Lichtstrahlen. Ein cylindrischer Hohlspiegel vereinigt sie in eine Brennlinie, ein Prisma lenkt sie vom geraden Weg ab.

Wollte man bei derartigen Versuchen nicht mit kolossalen Apparaten arbeiten, dann musste man zuerst danach trachten, wahrnehmbare Schwingungen von kleineren Wellenlängen als einige Meter zu erhalten. Hertz verkleinerte die Dimensionen des „Vibrators", der die Schwingungen aussandte und gelangte so zu Wellenlängen von ungefähr $^2/_3$ m; nun war es möglich, die Brechung durch einen prismatischen Asphaltblock, dessen Seitenlängen immerhin noch mehr als einen Meter betrugen, ebenso wahrzunehmen, wie die des Lichts durch ein kleines Stück Glas.

Später hat sich besonders Righi darauf gelegt, soweit als möglich, alle optischen Versuche mit elektrischen Schwingungen nachzuahmen; er arbeitete mit Wellenlängen von 20, 10, ja selbst 2,5 cm. Lebedew ist noch weiter gegangen bis zu Wellenlängen, die kleiner als 1 cm waren.

Durch Maxwells Ideen wurde uns ein Weg erschlossen, um auch in das Wesen der ponderablen Materie tiefer einzudringen. Es liegt auf der Hand, dass zu einer elektromagnetischen Theorie der Fortpflanzung des Lichts eine analoge Theorie über die Emission und ebenso über das Auffangen der Schwingungen passt; ich habe dabei die mannigfachen Erscheinungen im Sinn, welche sich zeigen, wenn irgend ein wägbarer Körper, ein Gas oder eine Flüssigkeit, ein Stück Glas, ein Kalkspatkrystall oder eine

lichtempfindliche photographische Platte vom Lichte getroffen wird.

Bei den Versuchen von Hertz waren die Vibratoren Metallmassen, in denen hin- und hergehende elektrische Ströme existierten. Beim Lichte müssen unzweifelhaft die einzelnen Moleküle in der Flamme, in den Funken oder in der leuchtenden Geisslerschen Röhre als Ausgangspunkte der Strahlung angesehen werden; es liegt daher auf der Hand, jedes dieser Teilchen, deren Grösse weit unter dem mikroskopisch Wahrnehmbaren liegt, mit einem Vibrator von Hertz, natürlich von der allereinfachsten Art, zu vergleichen.

Man kann elektromagnetische Wellen viel einfacher hervorbringen, als mit Hilfe der oscillierenden elektrischen Ströme in einem Metallstabe. Es genügt, einen positiv oder negativ geladenen Körper mit der Hand hin- und herzubewegen. Solch ein Körper hängt mit dem Äther zusammen; er ist gleichsam an eine Anzahl von unsichtbaren, sich nach allen Richtungen erstreckenden Drähten geheftet, die wir durch Vermittelung des geladenen Körpers angreifen können. Bewegt sich die Hand einmal in der Sekunde hin und her, dann entstehen längs aller dieser Drähte Wellen von 300 Millionen Meter; könnte man die Bewegung 100 Millionen mal so schnell ausführen, dann würden Wellen wie die von Hertz entstehen. Liesse man ein kleines geladenes Körperchen hunderte Billionen mal in der Sekunde sich über eine kleine Strecke hin und herbewegen, so würde man ohne Zweifel Licht zum Vorschein bringen.

So sind wir mit einem Modell für die Emission des Lichtes bald fertig. Wir wollen in den Molekülen der Flamme kleine elektrisch geladene Teilchen voraussetzen, und zwar so, dass in jedem Moleküle gleichviel positive, wie negative Ladung enthalten ist. Wir stellen uns weiter vor, dass in jedem lichtgebenden Moleküle wenigstens eins dieser Teilchen um eine Gleichgewichtslage schnell hin und herschwingen kann, unter dem Einfluss von Kräften, die es nach der Gleichgewichtslage zurückzutreiben suchen. Schliesslich wollen wir annehmen, das jedesmal, wenn ein Körper leuchtet, die geladenen Teilchen auf die eine oder andere Weise in Schwingungen geraten. Auf die Natur der elektrischen Ladungen gehen wir weiter nicht ein. Die vorausgesetzten Teilchen sollen in der Hauptsache dieselben Eigenschaften, welche wir an geladenen Körpern wahrnehmen, besitzen. Einen weiteren Begriff brauchen wir uns nicht zu bilden. Ein Name ist freilich bequem, wir nennen sie nach Faraday „Ionen".

Diese Ionen nun sehen wir in jedem leuchtenden Körper, ja wir müssen ihr Vorhandensein sogar in allen Körpern voraussetzen. Denn es giebt keinen Körper, der nicht Wärme ausstrahlte, selbst wenn er bis zu den niedrigsten, bis jetzt erzielten Temperaturen abgekühlt wird, und Sie wissen, wie die Wärmestrahlen, abgesehen von der Wellenlänge, von derselben Art sind, wie die Lichtstrahlen. Der Mechanismus der Emission muss in beiden Fällen derselbe sein. So ist unsere ganze Umgebung — ich meine hier nicht den Äther, sondern den wägbaren Stoff — von Ionen erfüllt, die in alle Ewigkeit ruhelos fortschwingen und sich gegenseitig ihre Wärmestrahlen zusenden.

Und nun das Auffangen der Schwingungen? Hertz gebrauchte dazu einen zweiten metallischen Leiter, einen zu einem Kreise oder einem Rechteck gebogenen Kupferdraht. Die Elektrizität darin wurde durch die vom Vibrator ausgehenden Wellen zu hin- und hergehender Bewegung, oder, wie man auch sagt, zum Mitschwingen erregt. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich, wie bei dem bekannten Versuch des Mitschwingens einer Stimmgabel mit einer anderen, — dies deutet auch der Name „Resonator" an, mit dem der eben genannte Apparat belegt wurde.

In unserem Bilde der optischen Erscheinungen brauchen wir nach den Resonatoren nicht weit zu suchen. Die Ionen, die in den Molekülen der Körper eingeschlossen liegen, werden sich, sobald sie durch einen Lichtstrahl getroffen werden, in Bewegung setzen. Aus diesem Mitschwingen, verschieden je nach den Kräften, mit denen die Ionen in ihrer Gleichgewichtslage festgehalten werden, erklärt die elektromagnetische Theorie den Einfluss der ponderablen Materie auf das Licht. Sie schreibt die Trennung der Farben in ein Spektrum dem Umstande zu, dass die Ionen im Prisma nicht durch alle Lichtarten in demselben Masse zum Mitschwingen erregt werden, und die wunderbaren Erscheinungen der Doppelbrechung in Krystallen, von denen Christian Huyghens in seinem „Traité de la lumière" eine so schöne Erklärung gab, werden die Folge der Ungleichheit der Kräfte, die sich den Verschiebungen nach verschiedenen Richtungen widersetzen.

Es kann kein ponderabler Stoff auf dem Weg eines Lichtstrahls liegen, ohne dass er durch seine Ionen einen Einfluss auf dessen Lauf hat. Selbst die kleinste Veränderung in der Dichte der Luft ist, wie die Astronomen nur zu gut wissen, genügend, um einige Abweichung zu verursachen. Ist die Luft stark zusammengedrückt, dann wird die Brechung erheblich; daher kommt es, dass man die verdichtete Luftschicht an der Vorderseite eines Projektils, welches mit einer grösseren Geschwindigkeit als die des Schalls fortfliegt, im Schattenbild auf einer lichtempfindlichen Platte wahrnehmen kann.

Auf welche Weise bei zunehmender Anhäufung der Moleküle die Lichtbewegung stärker und stärker beeinflusst wird, ist der mathema-

tischen Rechnung zugänglich; die Aufgabe kann nämlich mit ziemlicher Annäherung gelöst werden. Man ist imstande, den Brechungsindex von Wasserdampf aus dem des flüssigen Wassers und die Lichtbrechung in einem Gemenge zweier Flüssigkeiten aus der der Bestandteile abzuleiten. Die Übereinstimmung der berechneten Werte mit den beobachteten beweist, dass wir uns auf dem rechten Wege befinden, wenn wir annehmen, dass die Moleküle bei Veränderung des Aggregatzustandes der Körper oder bei der Mischung von zwei Stoffen ihre Art und Individualität beibehalten und dass das Mitschwingen in jedem Moleküle für sich stattfindet.

Einheiten einer anderen Ordnung sind die chemischen Atome, aus denen wir die Moleküle aller Körper aufbauen. Es hat sich gezeigt, dass bei zahlreichen chemischen Verbindungen die Lichtbrechung auf dieselbe Weise, wie bei einem Gemenge, aus der der Bestandteile berechnet werden kann. Hier müssen daher nicht mehr die Moleküle als Ganzes, sondern die einzelnen Atome als Resonatoren fungieren. Jedes Atom, wie klein es auch sein mag, muss wenigstens ein bewegliches Ion enthalten, und die Art und Weise, wie dieses schwingt, muss z. B. in einem Kohlenstoffatom dieselbe sein, gleichgiltig ob es ein Bestandteil von Alkohol, Äther oder Glyzerin ist.

Nach diesen Spekulationen wird Ihnen eine experimentelle Bestätigung nicht unwillkommen sein. In Prof. Kamerlingh Onnes' Laboratorium, dieser Zierde unserer Universität, nicht wegen der äusseren Form, sondern wegen der inneren Organisation, stellte vor drei Jahren Dr. Zeeman Versuche über das Verhalten einer Natriumflamme zwischen den Polen eines starken Elektromagneten an. Von dem gelben Lichte der Flamme wurde ein Spektrum entworfen, in welchem die bekannte Doppellinie zwei durch die Natriumatome emittierten Lichtarten entspricht, deren Schwingungszahlen nur wenig von einander verschieden sind. Es sind gleichsam in jedem Atome zwei elektrische Vibratoren von verschiedener Periode in Thätigkeit.

Zeeman, gewappnet mit den modernen Hülfsmitteln, versuchte einer Erscheinung auf die Spur zu kommen, nach der, wie es scheint, schon Faraday, doch ohne Erfolg gesucht hatte. Sollten nicht die von den Magnetpolen ausgehenden Kräfte, deren Wirkung auf einige Lichterscheinungen bekannt war, auch in der Emission des Lichtes einige Veränderung bewirken?

Zeeman fand ein geringes Breiterwerden der Spektrallinien; genaue Erwägungen und Kontrollversuche lehrten ihn, dass dies in der That einem direkten Einfluss der magnetischen Kräfte zugeschrieben werden muss.

Die elektromagnetische Theorie klärte die Erscheinung auf und ermöglichte, die Einzelheiten derselben vorauszusagen. Man wusste schon, welche additionelle Kraft auf ein Ion, das sich im Raum zwischen zwei Magnetpolen bewegt, wirkt, und indem man von einfachen Voraussetzungen ausging — ein einziges Ion, welches, wenn keine magnetischen Kräfte wirken, nach allen Richtungen mit derselben Periode schwingen kann und also eine Spektrallinie giebt — reichte die elementare Mechanik aus, um den Einfluss jener Kraft auf die Schwingungen festzustellen.

Zwischen den Magnetpolen kann das Ion dreierlei Schwingungen mit etwas verschiedenen Perioden ausführen; anstatt eines Tons — dieses Wort möge hier im übertragenen Sinne benutzt werden — erlangt man so drei; jede Spektrallinie, für welche diese Überlegung gilt, muss durch eine dreifache Linie, ein Triplet, ersetzt werden. Ferner müssen in Bezug auf den Polarisationszustand an den Komponenten Eigentümlichkeiten auftreten, welche mit der Art der Bewegungen des Ions, welche die drei Töne hervorrufen, zusammenhängen.

Dies alles wurde durch den Versuch bestätigt. Zwar waren die Natriumlinien nicht fein genug, um bei den zur Verfügung stehenden magnetischen Kräften eine vollkommene Spaltung zu zeigen; die Komponenten bedeckten sich teilweise; aber an den Rändern der verbreiterten Linien konnte doch der durch die Theorie verlangte Polarisationszustand konstatiert werden. Später wurden, zuerst bei einer Kadmiumlinie und darauf in vielen anderen Fällen, reine Triplette gefunden.

Mit grosser Geduld und mit derselben feinen Beobachtungsgabe, womit er hier in Leiden begonnen hatte, hat Zeeman im Amsterdamer Laboratorium sein Werk fortgesetzt. Die Photographie setzte ihn in Stand, die Beobachtungen auch auf die unsichtbaren Linien im ultravioletten Spektrum auszudehnen. Eine Anzahl Naturforscher, deren Aufmerksamkeit durch seine Entdeckung erregt wurde — ich nenne nur Cornu und Becquerel in Paris, Colson in Toulouse, Voigt in Göttingen, Michelson in Chicago und Preston in Dublin —, wetteifern mit ihm auf diesem neuen, ausgedehnten Untersuchungsgebiet.

Ausgedehnt ist es schon wegen der grossen Anzahl von Linien in den Spektren, besonders im ultravioletten Teil. Im Natriumspektrum kommen mehr als 30 Linien vor, im Spektrum des Calciums beträgt die Anzahl über hundert, im Eisen viele Hunderte, und man wird nicht ruhen dürfen, bis man bei all diesen Linien den Einfluss des Magnetismus untersucht hat.

Indes, schon jetzt hat sich ergeben, mit welch einem Reichtum von Erscheinungen man es hier zu thun hat. Während viele Linien in die von der Theorie verlangten Triplets zerfallen, zeigen andere kompliziertere Erscheinungen. Von den zwei gelben Natriumlinien verwandelt sich die eine in ein Triplet, die andere spaltet sich, wie Cornu gefunden hat, in vier Linien. Andere Beobachter fanden in einigen Fällen eine Zerlegung in eine noch grössere Anzahl von Komponenten. Die Theorie ist also, soviel Gutes auch darin enthalten sein mag, weit entfernt vollkommen zu sein. Dass man sich von dem Einfluss der magnetischen Kräfte am leichtesten durch die Vorstellung von schwingenden elektrischen Ladungen Rechenschaft geben und durch passende Voraussetzungen wohl zu etwas anderem als den einfachen Triplets gelangen kann, ist unzweifelhaft; wir haben jedoch noch kein einigermassen befriedigendes Bild des Mechanismus, wodurch z. B. das Quadruplet zu stande kommt.

Das Problem, wovor die Theorie sich hier gestellt sieht, muss noch von einer anderen Seite betrachtet werden. Mit einer Erklärung, die sich allein auf die Veränderungen einer Spektrallinie beschränkt, als wären die anderen nicht da, kann man sich auf die Dauer nicht zufrieden geben. Ein lichtausstrahlendes Atom ist wahrscheinlich ein Ganzes, das die den verschiedenen Spektrallinien entsprechenden Schwingungen zu gleicher Zeit ausführt, ebenso wie ein Tönen der Körper eine gewisse Anzahl Töne hervorbringt. Es gilt, zum Schluss darum ein Bild vom Bau dieses Ganzen und vom Zusammenhang seiner Teile zu entwerfen, das uns klar vor Augen führt, warum gerade die thatsächlich bestehenden Töne und keine anderen hervorgebracht werden. Das Endziel muss sein, eine alle Erscheinungen der Strahlung umfassende Mechanik der schwingenden Atome aufzubauen.

Die Untersuchung der Spektra, an der hier zu Lande die Physiker der Utrechter Universität mit Vorliebe teilgenommen haben, hat schon wichtige Bausteine zusammengebracht. Zahlreich ist die Schar der Forscher, denen keine Spektrallinie wie lichtschwach sie auch sein mag, entgeht, und die jeder Schwingung, auch der von den entferntesten Himmelskörpern kommenden, ihren Platz im Spektrum anweisen. Sie haben nicht nur die Zahl der chemischen Grundstoffe fortdauernd vermehrt und das hypothetische „Helium" der Sonne auf der Erde entdeckt, sondern auch Regel und Ordnung in das Chaos der Spektrallinien gebracht. Viele Spektra sind nach einem gleichen Schema aufgebaut, welches beim Wasserstoff am deutlichsten zum Vorschein kommt. Hier bilden die Linien eine eigentümliche Reihe; sie liegen nicht gleich weit von einander, sondern die gegenseitigen Abstände werden nach dem Ultraviolett zu immer kleiner. Die höheren Töne werden zusammengedrängt, sodass es ist, als ob das Wasserstoffatom oberhalb einer bestimmten Schwingungszahl nicht mehr zu schwingen vermag.

Reihen, die vollkommen dieselbe Eigentümkeit, wie die des Wasserstoffs, zeigen, findet man auch bei anderen Elementen. Die Spektra der einander sehr ähnlichen Elemente Kalium und Natrium enthalten drei solche Reihen von Linien, von denen jedoch eine jede doppelt ist. Bei den Grundstoffen Magnesium, Zink und Kadmium, die ebenso in chemischer Hinsicht nahe mit einander verwandt sind, existieren zwei Reihen; jedoch ist hier jede Linie dreifach.

Obwohl unsere Kenntnisse über die Spektra vieler anderer Elemente noch nicht so weit vorgeschritten sind, erwecken doch die gefundenen Regelmässigkeiten und die grosse Ähnlichkeit zwischen den Spektren einiger Elemente alle Hoffnung, dass auch die hier obwaltenden Beziehungen einmal aufgeklärt werden; vielleicht wird uns schon ein einziger glücklicher Einfall dem Ziele näher bringen. Soweit man das bis jetzt beurteilen kann, hat man mit der elektromagnetischen Theorie die meisten Aussichten, diese Fragen zu lösen.

Wird ihr dies gelingen, dann wird sie auch für den Chemiker ein bescheidener, aber doch nicht zu unterschätzender Bundesgenosse werden. Schon jetzt stehen die bei der Untersuchung der Spektra gewonnenen Resultate mit den allgemeinen Ansichten in Einklang, zu denen uns die Untersuchungen über die Atomgewichte und deren Zusammenhang mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Grundstoffe geführt haben. Wenn etwas aus den hierbei gefundenen Thatsachen und Beziehungen geschlossen werden darf, so ist es wohl das, dass man sich die Atome nicht als Körper, an denen keine Teile zu unterscheiden sind, vorstellen darf. Sie müssen eine Struktur besitzen, ähnlich bei verwandten Elementen, und um so komplizierter, je grösser das Atomgewicht ist. Von diesem inneren Bau haben wir in den Spektren die Abspiegelung. Die drei Reihen Doppellinien bei Kalium und Natrium müssen von analogen Eigenschaften der Atome dieser Metalle herrühren; die Hunderte von Linien im Eisenspektrum legen uns den Gedanken an eine Organisation, wenn ich es so nennen darf, nahe, die viel höher als die des Wasserstoffs, Kaliums und Natriums ist.

Die Ausführungen, die ich mir erlaubt habe Ihnen vorzutragen, machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit; auch habe ich Ihnen nicht durch eine historische Übersicht zeigen wollen, wie sich die Gedanken über den Zusammenhang

zwischen den elektrischen Wirkungen und anderen Erscheinungen allmählich entwickelt haben.

Wie alles sich zum Ganzen webt,
Eins in dem andern wirkt und lebt,

das haben alle grossen Forscher tief unter der Oberfläche der Dinge schauen wollen und manchmal instinktiv gefühlt. Hören Sie Berzelius in seinem „Versuch über die Theorie der chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektrizität" von 1814. „Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse," so sagt er, „ist die wahrscheinlichste Erklärung des Verbrennens und des dabei entstehenden Feuers die: dass bei jeder chemischen Vereinigung eine Neutralisation entgegengesetzter Elektrizitäten vor sich geht, und dass bei dieser Neutralisierung das Feuer ganz auf dieselbe Weise entsteht, wie es bei Entladung der elektrischen Flasche, der elektrischen Säule und der Gewitterwolke hervorgebracht wird."

Vermessen scheinen uns die Worte, und wir begreifen kaum, wie Berzelius sie hat aussprechen dürfen, und doch, wer weiss, ob man sie nicht buchstäblich unterschreiben kann? Es ist wahr, die elektrochemische Theorie, welche der grosse Naturforscher aufstellte, konnte nur während einiger Jahrzehnte die Chemie in ihrer Entwickelung leiten. Aber, als sie anderen Auffassungen das Feld räumen musste, da hatten schon die Entdeckungen von Faraday über die Zerlegung von Salzen durch den galvanischen Strom den unumstösslichen Beweis für den innigen Zusammenhang zwischen Elektrizität und chemischen Kräften geliefert, wenn auch in anderer Form, als sich das Berzelius vorgestellt hatte. In den Salzlösungen sind die Atome, welche der Strom von einander trennen wird, mit elektrischen Ladungen ausgestattet, und es existiert somit jedenfalls eine Klasse von Verbindungen, in denen die aneinander geketteten Bestandteile die Träger von positiven und negativen Ladungen sein müssen, und zwar so, dass jeder Valenz stets eine Ladung von einem ganz bestimmten Betrage entspricht. Dehnen sie dies auf alle chemischen Verbindungen aus — Helmholtz sprach diesen Gedanken in seiner Gedächtnisrede auf Faraday 1881 aus —, und wir sind nicht mehr weit von Berzelius entfernt. Übrigens sind, wenn ich mich nicht täusche, seine Ideen nie ganz verlassen worden. Dass zwischen sich mit einander verbindenden Elementen ein gewisser Gegensatz besteht, hat man noch lange mit den Worten elektropositiv und elektronegativ angedeutet; und die Thatsache der Sättigung, ich meine, dass zwei Atome, die sich mit einander verbunden haben, ein drittes nicht mit verdoppelter Kraft anziehen, sondern gegen dasselbe indifferent geworden sind, legt den Gedanken an so etwas wie eine Neutralisierung entgegengesetzter Eigenschaften nahe.

Vielleicht wird noch einmal eine elektrochemische Theorie in verjüngter Form und begründet auf eine hundertmal reichere Erfahrung, als sie Berzelius zu Gebote stand, aufs neue eine Richtschnur für chemische Untersuchungen werden.

Inzwischen setzen die Physiker ihre Entdeckungsfahrten in der Welt der Ionen fort. Sie wagen sich, und zwar nicht ohne Erfolg, an Spekulationen über das Verhältnis zwischen den grossen Ionen, ganzen Atomen oder Atomgruppen von Faraday und den kleinen Ionen, Bruchteilen eines Atoms, die bei den Lichterscheinungen im Spiele sind. Sie glauben diese letzteren zwischen anderen in den elektrischen Entladungserscheinungen wieder zu erkennen, und bestimmen die Geschwindigkeit, mit der sie in den Kathodenstrahlen fortfliegen. Und, wie uns die Ionentheorie näher zu Berzelius gebracht hat, so lässt sie auch wieder alte Ideen von Wilhelm Weber aufleben, und führt zu Versuchen, um den Mechanismus der Wärme- und Elektrizitätsleitung in Metallen und den Einfluss von magnetischen Kräften auf diese Erscheinungen zu ergründen.

Sind auch die auf äusserst kleine Abstände wirkenden Molekularkräfte und die Schwerkraft oder die allgemeine Anziehungskraft, welche die Körper nach der Erde fallen lässt und das Planetensystem in Ordnung hält, elektromagnetischen Ursprungs? Was die ersteren anbetrifft, so liegen einige Gründe, welche zu Gunsten dieser Annahme sprechen, vor. Gewisse Erscheinungen, die mit der Aberration des Lichts in Zusammenhang stehen, scheinen zu beweisen, dass die Intensität der molekularen Kräfte eine kleine Veränderung erfährt, wenn ein Körper sich durch den Äther hin fortbewegt, und zwar von einem Betrage, der durch das Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit der Bewegung und der, womit sich elektromagnetische Gleichgewichtsstörungen fortpflanzen, bestimmt wird. Dass diese letztere Geschwindigkeit hier in Frage kommt, kann man nur begreifen, wenn man sich vorstellt, dass der Äther bei den molekularen Wirkungen in ähnlicher Weise beteiligt ist, wie bei den elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

Über die Schwerkraft will ich nur eins bemerken. Die Thatsache, mit der wir auf den Schulbänken unsere Physik begannen, nämlich dass alle Körper im luftleeren Raum gleich schnell fallen, ist einer der deutlichsten Zeichen für die Gleichheit der fundamentalen Eigenschaften, der Einheit aller wägbaren Materie; sie wird erst dann verstanden werden können, wenn man sich von dem Wesen der Materie eine nähere Vorstellung gebildet hat. Hier giebt es nur zwei Möglichkeiten. Entweder sind die positiven und negativen Ladungen, welche die elektromagneti-

sche Theorie in den Atomen voraussetzt, nur etwas unwesentliches ohne welches man sich die Materie ganz gut vorstellen kann; dann werden zwei Teilchen des ponderablen Stoffes sich gegenseitig anziehen können in einer Weise, die mit den zwischen den Ladungen wirkenden Kräften nichts gemein hat. Oder aber die elektrischen Ladungen sind untrennbare Attribute des wägbaren Stoffs; in diesem Fall kann auch die Schwerkraft nicht als etwas ganz Fremdes den elektromagnetischen Kräften gegenüber stehen.

Vorläufig stösst eine elektromagnetische Auffassung der allgemeinen Anziehungskraft auf die grosse Schwierigkeit, dass, soweit wir wissen, alle elektromagnetischen Wirkungen sich mit der Geschwindigkeit des Lichts fortpflanzen, während die astronomischen Erscheinungen lehren, dass, wenn überhaupt von einer nicht augenblicklichen Wirkung der Schwerkraft die Rede sein kann, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit jedenfalls als viel grösser als die des Lichtes vorausgesetzt werden muss.

Wir stehen hier, wie in so manchen anderen Fällen, vor schwierigen und für den Augenblick unlösbaren Problemen. Dass spätere, mit ausgedehnteren Kenntnissen und mit entwickelterem Denkvermögen, als uns zuteil geworden ist, ausgestattete Geschlechter der Enträtselung näher kommen werden, daran brauchen wir nicht zu zweifeln, wenn wir auch augenblicklich nicht wissen, welche Gestalt die Theorien dann angenommen haben werden und was von den Hypothesen übrig geblieben sein wird, in denen wir jetzt befriedigende Ruhepunkte für unseren Geist finden.

Auch an der Bedeutung der Theorie für spätere Geschlechter dürfen wir nicht zweifeln. Eine nicht unabsehbar weite Zukunft wird ganz andere Verhältnisse bringen, als diejenigen sind, in denen wir augenblicklich leben. Mit gieriger Hand, als ob der Schatz unerschöpflich wäre, hat das 19. Jahrhundert aus dem Energievorrat geschöpft, welchen die Natur uns zur Verfügung gestellt hat. Unbegrenzt ist der Reichtum jedoch keineswegs. Es ist kaum denkbar, dass noch viele Jahrhunderte verlaufen werden, bis die Steinkohlenlager in allen Teilen der Erdkugel aufgespürt und in Arbeit genommen sind, und früher oder später kommt die Zeit, wo die Erschöpfung der Minen und das Bedürfnis nach anderen Quellen der Energie ernste Fragen für die Menschheit sein werden. Was dann auch ferner geschehen möge, wir dürfen glauben, dass eine tiefe und klare Einsicht in die ihn umgebende Welt dem Menschen in späteren Zeiten mehr als je nötig sein wird.

Aber nur für einen Augenblick wollen wir unser Auge in die dunkle Zukunft schweifen lassen; es giebt in der Gegenwart noch genug, was unsere Hand zu thun findet. Schön ist es, Wahrheit zu suchen, Wissenschaft zu verbreiten und, wenn es sein kann, zu vermehren. Wir älteren, die wir einer längeren oder kürzeren Teil unseres Lebens dem Dienste der Hochschule haben widmen dürfen, wir schätzen uns glücklich, dass uns diese Pflicht auferlegt ist. Und an diesem ihrem Festtage wollen wir der Universität danken für die Erweiterung unseres Gesichtskreises, für die Unterstützung unserer Bestrebungen, für die Ermutigung und Anregung zur Arbeit, die sie uns geschenkt hat.

(Aus dem Holländischen übersetzt von G. C. Schmidt, Eberswalde.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

E. Bouty, Die Gase als Dielektrika. 24 Seiten.

Entsprechend der Natur eines Berichtes enthält die Arbeit über gasförmige Dielektrika der Hauptsache nach eine Zusammenfassung der Resultate der bisherigen Untersuchungen auf dem bezeichneten Gebiete, an denen der Verfasser auch einen Anteil hat. — Zur vollkommenen Charakterisierung eines Körpers in dielektrischer Hinsicht ist einmal sein dielektrisches Vermögen (Dielektrizitätskonstante) sodann dessen Grenze, d. h. das, was Maxwell „electrical strength" genannt hat, zu betrachten. Über die Dielektrizitätskonstante der Gase liegen bis jetzt erst sehr wenige Arbeiten vor. Faraday, der zuerst die Rolle der Isolatoren bei der elektrostatischen Induktion erkannte, hat auch dielektrische Messungen an Gasen zuerst versucht, freilich noch ohne Erfolg. Eine erfolgreiche Messung konnte erst ausgeführt werden, als man durch die von Maxwell aufgefundene Beziehung zwischen optischem und dielektrischem Brechungsindex einen Anhalt für die zu erwartenden Werte bekam, und zwar verdankt man Boltzmann (1875) die ersten Resultate. Seine Methode, ebenso wie die der späteren Beobachter Ayrton und Perry (1877), Klemenčič (1885), Lebedew (1891) ist die Kapazitätsmessung eines Kondensators, in den das

zu untersuchende Gas eingeleitet wird. Wie diese von den genannten Forschern realisiert wurde, kann hier übergangen werden, bemerkenswert sind aber die erhaltenen Resultate. Boltzmann und Klemenčič überzeugten sich zunächst davon, dass für alle Gase die um 1 verminderte Dielektrizitätskonstante proportional dem Drucke ist. Weiter stellte sich heraus, dass zwar z. B. für eine Anzahl schwer kondensierbarer Gase die Maxwellsche Beziehung erfüllt ist, dass dies im allgemeinen aber durchaus nicht der Fall ist. Die Messungen beider Beobachter stimmen übrigens, soweit sie sich auf dieselben Gase erstrecken, vorzüglich überein. [Die von Bouty (S. 7) gegebene Tabelle enthält einen Fehler, der sich auch in die folgenden Textzeilen eingeschlichen hat: die unter SO_2 angegebenen Zahlen beziehen sich auf CS_2, SO_2 hat $K = 1.009548$ nach Klemenčič, $n^2 = 1{,}001372$ nach Ketteler, gehorcht also der Maxwellschen Beziehung nicht. Der Referent.] Lebedew fand für eine Reihe organischer Dämpfe die Dielektrizitätskonstanten auch meist beträchtlich grösser als n^2. Bemerkenswert ist, dass für alle Substanzen, soweit deren Dielektrizitätskonstanten im flüssigen und gasförmigen Zustande bekannt sind, die Maxwellsche Gleichung in beiden Aggregatzuständen gleichzeitig erfüllt oder gleichzeitig nicht erfüllt ist. — Ayrton und Perrys Resultate lässt der Verfasser unerwähnt, wohl wegen ihrer Unsicherheit.

Die genannten Messungen können noch zur Verifikation einer Beziehung benutzt werden, die die Dielektrizitätskonstante eines Körpers in verschiedenen Zuständen verknüpft, der Formel von Clausius und Mossotti, wonach

$$\frac{K-1}{K+2}\,\frac{1}{d} = \text{konst.}$$

(K ist die Dielektrizität, d die Dichte) welche im Falle der Giltigkeit der Maxwellschen Gleichung auf die Lorentzsche Formel

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{1}{d} = \text{konst.}$$

führt. Für Dichteänderung durch Druck war die Formel für Gase schon von Boltzmann und Klemenčič als giltig erkannt. Messungen bei verschiedenen Temperaturen lagen dem Autor noch nicht vor. (Versuche des Referenten machen hier die Giltigkeit nur für den Fall $n^2 = K$ wahrscheinlich.) Für Dichteänderung bei Änderung des Aggregatzustandes haben Lebedew, Linde und Hasenöhrl Berechnungen durchgeführt und gefunden, dass im allgemeinen die Clausiussche Formel streng nur im Fall $n^2 = K$ gilt, sonst aber, wenigstens bei der Berechnung vom flüssigen auf den Gaszustand wenigstens der Grössenordnung nach richtige Resultate liefert.

Sieht man von einer Beziehung zur Valenzsumme des Moleküls ab, die von R. Lang für die Dielektrizitätskonstanten der Gase aufgestellt wurde, die aber ohne Willkür nicht zu halten ist, so ist die einzige einigermassen durchführbare Theorie die von Clausius und Mossotti. Aber auch sie leidet an einer Schwierigkeit. Abgesehen von den obigen Abweichungen bleibt es schwer verständlich, wie die in schneller Bewegung befindlichen und leitend vorausgesetzten Moleküle der Gase zusammen ein vorzüglich isolierendes Mittel bilden können, ein Bedenken, dass Bouty für noch nicht einwandfrei lösbar hält.

Der zweite Teil behandelt die Grenzen des dielektrischen Vermögens, d. h. unsere Kenntnisse von den Entladungspotentialen. Auch auf diesem Gebiete war Faraday der erste, der Messungen versucht hat. Seine vergleichenden Bestimmungen der elektrischen Festigkeit verschiedener Gase sind natürlich noch recht ungenau, indessen ist die Beseitigung der zahlreichen Störungen der Messung auch neueren Beobachtern noch nicht geglückt. Die als Beispiel angeführten Messungen von Baille, Liebig und Paschen über die Funkenpotentiale in CO_2 und H_2, die sehr grosse Verschiedenheiten zeigen, sind allerdings durch die vom Verfasser nicht erwähnten Versuche von A. Orgler (Ann. d. Phys. **1**, 173, 1900) insofern entwertet, als es diesem gelang durch Bestrahlung der Elektroden mit ultraviolettem Lichte Resultate von guter Konstanz zu bekommen. Nach diesem Beobachter beruht die Inkonstanz der früher gefundenen Werte nur auf der Verzögerung der Entladung, die allein durch ultraviolettes Licht gehoben werden kann. Verfasser sucht die Hauptstörung der Messung in der Natur der Elektroden. Eine Messung ohne Elektroden ist zuerst von J. J. Thomsen ausgeführt worden, der die Lichterscheinungen einer elektrodenlosen Röhre mit verdünntem Gas im elektrischen Wechselfelde beobachtete, und bei so ausgeführten Leitfähigkeitsbestimmungen ganz beträchtliche Werte für verdünnte Gase fand. Demgegenüber stehen Versuche von J. Moser wonach bei mässigen Feldstärken auch verdünnte Luft zwischen Kondensatorplatten sich wie ein Dielektrikum verhält, und Warren de la Rue und Hugo Müller fanden bei mit Elektroden ausgeführten Versuchen bei H_2 unter sehr geringem Drucke stets ein Entladungspotential, welches übrigens bei 0,642 mm Hg durch ein Minimum hindurch ging. J. J. Thomsen suchte den Grund des Widerspruchs, dass ein Gas sich im elektrodenlosen Rohr wie ein Leiter, zwischen Elektroden, wenigstens bei mässiger Feldstärke wie im Dielektrikum verhält, in einem spezifischen Widerstand gegen den Übertritt der Elektrizität vom Gas zum Metall. Da er jedoch nur bei höheren Spannungen gemessen

hat, bleibt es fraglich, ob die Leitfähigkeit im elektrodenlosen Rohr auch bei den geringsten Potentialen bestehen bleibt. Hierüber hat der Verf. selbst Versuche unternommen (1899). Er konstatierte die Leitfähigkeit eines in eine Röhre eingeschlossenen Gases der Art, dass es, wie jeder Leiter, zwischen die Platten eines Kondensators gebracht, dessen Kapazität erhöht. Er fand für jeden Druck einen Grenzwert der Feldstärke, unterhalb dessen das Gas vollständig isolierte. Für diese Grenzwerte schlägt er die Bezeichnung „cohésion diélectrique" vor, während Maxwells „electrical strength" nur für mit Elektroden gefundene Werte gebraucht werden soll. Diese dielektrische Kohäsion lässt sich dann nach dem Verf. durch folgende Druckfunktion darstellen:

$$A + Bp + \frac{C}{p^2}.$$

Für höhere Drucke, wo der Koeffizient B massgebend ist, hat die Grösse der dielektrischen Kohäsion für verschiedene Gase dieselbe Reihenfolge, wie deren Dielektrizitätskonstante.

Zum Schluss versucht der Verf. noch eine mechanische Vorstellung von dem Übergang eines Gases aus dem isolierenden in den leitenden Zustand zu geben. Anscheinend sind ihm dabei die neuen Untersuchungen von W. Kaufmann (Ann. d. Phys. **2**, 159, 1900), über die elektrodynamischen Eigenschaften der Gase unbekannt geblieben, in denen sich eine wesentlich neue und klärende Anschauung über den Gegenstand vorfindet. Bouty lässt zwei Hypothesen als möglich zu: Ist der bez. Übergang eine Art Aggregatzustandsänderung, so muss er mit Temperatur und Druck veränderlich sein, wie in der That der Fall, und die Differenzen der gefundenen Übergangsdrucke wären als eine Art Verzögerungserscheinung (wie z. B. die Unterkühlung) aufzufassen. Das Bild Maxwells vom Äther als einem im elektrischen Felde elastisch gespannten Medium, dessen Elastizitätsgrenze bei der kritischen Feldstärke gerade überschritten wird, würde dagegen folgende Auffassung zulassen: die ersten materiellen Moleküle eines sehr verdünnten Gases stören die Kontinuität des Äthers und damit seine Elastizität sehr beträchtlich, bei höheren Gasdrucken kommt dann eine der Materie eigene neue Elastizität durch die Anhäufung der Moleküle als wieder verstärkte dielektrische Kohäsion zur Geltung. Beide Auffassungen sind natürlich nichts mehr als Bilder, auch lassen sie die Rolle der Elektroden noch unerklärt, die der Verfasser als eine Wirkung der Polarisation auffasst. Ob allerdings eine solche Erscheinung nicht auch an der Glaswand seiner elektrodenlosen Röhren auftreten kann, bleibt mindestens zweifelhaft.

Alles in allem lässt sich sagen, dass unsere Kenntnisse über die gasförmigen Dielektrika noch bei weitem nicht zureichen, um mit Sicherheit in den Mechanismus der Erscheinungen einzudringen, dass also alle Anschauungen darüber durchaus hypothetisch bleiben müssen.

K. Bädeker.

(Eingegangen 24. Juli 1900.)

G. van der Mensbrugghe, Über die Kapillarerscheinungen. 24 Seiten.

In den verschiedenen Theorieen der Kapillarität wird die Flüssigkeit entweder als durchaus homogen angenommen (Laplace, Gauss) oder eine Oberflächenschicht von grösserer oder geringerer Dichte, als im Innern der Flüssigkeit, vorausgesetzt (Hagen, Poisson).

Van der Mensbrugghe zieht die Folgerungen, die sich aus der sehr vollkommenen Druck- und Zugelastizität der Flüssigkeiten, die er durch eine grosse Anzahl bekannter Thatsachen belegt, für die Theorie der Kapillarität ergeben, begründet darauf eine neue Theorie der Ausbreitung einer Flüssigkeit auf einer zweiten und der Emulsionsbildung und beschreibt endlich einige Erscheinungen, die durch Flüssigkeitsstrahlen in einer zweiten Flüssigkeit hervorgerufen werden.

Er geht davon aus, dass eine schwere Flüssigkeit von überall gleicher Dichte sich nicht im Gleichgewicht befinden kann, da die elastische Kraft mit zunehmendem Abstande von der Oberfläche wächst, zwar nur um kleine Beträge, die aber ausreichend sind, beträchtliche mechanische Wirkungen hervorzubringen. In einer Oberflächenschicht von gewisser Dicke nimmt die elastische Kraft, die der Wechselwirkung der Moleküle das Gleichgewicht hält, ab mit der Annäherung an die Oberfläche selbst, und infolgedessen entfernen sich die Moleküle um so mehr von einander, je näher sie der Oberfläche liegen.

Daraus folgen die Erscheinungen der Oberflächenspannung und der Verdampfung.

Aus dem Streben der Oberflächenschichten, sich zusammenzuziehen, ergiebt sich auch ein Widerstand gegen eine Verschiebung derselben nach irgend einer Richtung, der eine sehr beträchtliche Grösse erreicht und den von Ingenieuren vielfach beobachteten Widerstand an der Oberfläche grosser Wasserströme erklärt, da die Oberflächenschichten gleichzeitig infolge der Verdampfung einer fortwährenden Erneuerung unterworfen sind. Die aus dem Innern an die Oberfläche tretenden Schichten erwerben dort eine potentielle Energie, die sie vorher

nicht besassen, und zwar auf Kosten der kinetischen Energie.

Die Schlussfolgerungen, welche zu der Annahme einer Dichteabnahme in der Oberflächenschicht nach aussen zu führen, gelten nicht nur für flüssige, sondern auch für feste Körper, und erklären die Versuche von Spring über das Zusammenschweissen von Metallstücken bei Temperaturen weit unterhalb ihres Schmelzpunktes.

An der Grenzfläche zweier Flüssigkeiten wirken drei Kräfte: die Kontraktionskräfte F_1 und F_2, die an der freien Oberfläche jeder der beiden Flüssigkeiten auftreten, und eine Kraft F_{12}, die von der Wechselwirkung derselben herrührt; die Gesamtkraft an der Grenzfläche ist $F_1 + F_2 - 2F_{12}$. Tritt an die Stelle der zweiten Flüssigkeit ein fester Körper, so ist $F_2 = 0$ zu setzen und in der Grenzfläche besteht eine kontrahierende Oberflächenspannung, wenn $F_1 > 2F_{12}$ (Quecksilber und Glas); ist $F_{12} > F_1$ so wirkt in der Grenzfläche eine dehnende Zugkraft, die die Oberflächenspannung übersteigt, die Flüssigkeit breitet sich auf dem festen Körper aus (Wasser auf reiner Glasoberfläche); für $F_{12} = F_1$, wird die dehnende Kraft gleich der Oberflächenspannung (Flüssigkeit in Berührung mit einem mit derselben Flüssigkeit benetzten festen Körper); für $\frac{1}{2}F_1 < F_{12} < F_1$ ist die dehnende Kraft E kleiner, als die kontrahierende Oberflächenspannung F_1 und es bildet sich ein Randwinkel i, dessen Grösse gegeben ist durch $\cos i = \frac{E}{F_1}$.

Durch diese Festsetzungen erklärt Verfasser sowohl die bekannten Versuche von Quincke, wie auch eigene im Jahre 1889 beschriebene Versuche.

Wenn im Falle zweier Flüssigkeiten die Wechselwirkung F_{12} klein ist (Wasser und Olivenöl), so ist der Ausdruck $F_1 + F_2 - 2F_{12}$ positiv und stellt eine Kraft dar, die genau wie F_1 oder F_2 an der freien Oberfläche wirkt.

Wenn aber eine wirkliche Affinität zwischen den beiden Flüssigkeiten besteht (Wasser und Alkohol, Äther und Öl) so kann $2F_{12} > F_1 + F_2$ werden und die Grenzfläche hat das Bestreben zu wachsen, es wirkt in ihr eine dehnende Kraft.

Nach Marangoni, Lüdtge und Quincke soll die Bedingung dafür, dass eine Flüssigkeit 2 sich auf einer anderen 1 ausbreitet, sein: $F_1 > F_2 + F$, wo F die Kontraktionskraft in der gemeinsamen Grenzfläche; diese Bedingung ergiebt nach obigem, wenn $F = F_1 + F_2 - 2F_{12}$ gesetzt wird, $F_{12} > F_2$, d. h. die Wechselwirkung zwischen den beiden Flüssigkeiten muss grösser sein, als die Oberflächenspannung der sich ausbreitenden.

Ebenso erfolgt die Ausbreitung der Flüssigkeit 1 auf der Flüssigkeit 2, wenn $F_{12} > F_1$. Wenn die Affinität zwischen den beiden Flüssigkeiten sehr gross ist, können beide Bedingungen erfüllt sein, und es breitet sich dann jede von ihnen auf der anderen aus. Das hat Verf. in der That schon 1890 beobachten können mit Olivenöl und $^1/_4$ Proz. wässriger Ätznatronlösung, sowie auch mit anderen Ölen und basischen Lösungen.

Auch die Beobachtungen von Gad über spontane Emulsionsbildung beim Einbringen von fettsäurehaltigen Öltropfen in alkalische Lösungen sind auf den durch die chemische Wirkung bedingten grossen Wert von F_{12} für die beiden Flüssigkeiten zurückzuführen. An jeder Stelle, wo die chemische Wirkung eintritt, wird die Oberflächenspannung der Grenzschicht durch eine dehnende Kraft ersetzt, die um so stärker wirkt, je kleiner der Krümmungsradius an der betreffenden Stelle ist. Diese Wirkung verschwindet mit dem Aufhören der chemischen Reaktion, um an anderer Stelle wieder aufzutreten.

Auch die Beobachtungen von Brücke und Bütschli über die Struktur des Protoplasmas bestätigen diese Auffassung.

Aus ähnlichen Gründen wird ein Strahl einer Flüssigkeit in einer zweiten nicht in Tropfen aufgelöst, wenn F_{12} für die beiden Flüssigkeiten hinreichend gross ist. Verf. beschreibt einen Versuch, der diese Folgerung bestätigt.

A. Heydweiller.

(Eingegangen 28. Juli 1900.)

Marcel Brillouin, Hängt die Diffusion der Gase ohne poröse Wand von der Konzentration ab? 12 Seiten.

Waitz und v. Obermayer hatten bei ihren bekannten Versuchen über die freie Diffusion der Gase eine zeitliche Änderung des aus den Versuchen berechneten Diffusionskoeffizienten gefunden und diese, in Übereinstimmung mit theoretischen Überlegungen von O. E. Meyer auf die Änderung des Mischungsverhältnisses der beiden diffundierenden Gase mit fortschreitender Diffusion zurückgeführt.

Brillouin bestreitet die Richtigkeit dieser Erklärung und führt die beobachteten Unregelmässigkeiten auf die Art und Weise zurück, wie zu Beginn des Versuchs die Verbindung der beiden Gase hergestellt wird, die auf alle Fälle experimentell nachweisbare Störungen einführt.

Er zeigt, dass bei den Versuchen von Waitz durch eine für die verschiedenen Beobachtungsreihen verschieden grosse Verlegung des An-

fangspunktes der Zeit um 10—24 sec nicht nur die Einzelreihen in eine weit bessere Übereinstimmung miteinander gebracht werden, sondern auch die von Waitz gefundene starke Abnahme des Diffusionskoeffizienten mit fortschreitender Diffusion zum grössten Teile verschwindet. Eine noch bessere Konstanz des Diffusionskoeffizienten erhält man, wenn man die weitere von Waitz gemachte Annahme fallen lässt, dass zu Beginn der Diffusion der Druck des schwereren Gases in der ganzen oberen Grenzebene, in der es mit dem leichteren Gase in Berührung tritt, auf Null sinkt, eine Annahme, die Brillouin für praktisch nicht realisierbar hält. Eine kleine Verlegung dieser Ebene um 2 mm nach aussen führt zu einem nahe konstanten und mit v. Obermayers Beobachtungen gut übereinstimmenden Werte des Diffusionskoeffizienten.

v. Obermayer hatte entgegengesetzte Abweichungen des Diffusionskoeffizienten, eine Zunahme desselben mit der Zeit gefunden, in übrigens viel geringerem Betrage, als Waitz; Brillouin zeigt, dass auch die von v. Obermayer seinen Berechnungen zu Grunde gelegten Annahmen nicht genau erfüllt sind und die erwähnten Abweichungen wohl erklären können. A. Heydweiller.

(Eingegangen 28. Juli 1900.)

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

III. Das Bremer-Licht.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

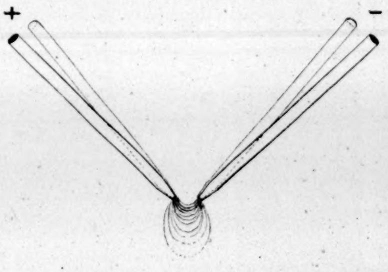
Auf dem Gebiete elektrischer Beleuchtung erregt neben den im Pavillon der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft ausgestellten Nernstlampen besonders das Bremer-Licht Aufsehen. Die Bremersche Bogenlampe ist im Elektrizitätspalast, Klasse 25, von der „Eos, Aktiengesellschaft für elektrische Beleuchtung, System Bremer" ausgestellt. Ausserdem befindet sich eine Lampe gleicher Konstruktion, welche durch ihr rötliches Licht und ihre enorme Helligkeit besonders auffällt, in etwa 100 m Höhe am Eiffelturm angebracht.

Bekanntlich haben die bisherigen Durchtränkungsversuche der Kohlen wohl zu einer Beruhigung des Lichtbogens, keineswegs aber zu einer Änderung des bläulich-violetten Lichtes oder gar zu einer grösseren Lichtausbeute führen können.

H. Bremer in Neheim a. d. Ruhr erzielt durch einen 20—50prozentigen Zusatz nichtleitender Metallsalze (Calcium-, Silicium- oder Magnesium-Verbindungen) ein gelblich-rötliches Licht und eine bedeutend höhere Lichtausbeute wie bisher. Nach Mitteilungen Professor Weddings auf der 8. Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker in Kiel beträgt der spezifische Verbrauch bei der Bremerlampe nur 0,17 Watt pro Kerze, d. i. nur $\frac{1}{3}$ desjenigen bei den bisher gebräuchlichen Bogenlampen.

Auch die Konstruktion der Bremer-Bogenlampen weicht von der der letzteren in mancher Beziehung ab.

Zunächst fehlt die übliche, ziemlich umständliche Reguliervorrichtung der Kohlenstifte. Jeder Pol besteht hier aus zwei Kohlenstiften, die unter einem spitzen Winkel gegeneinander stehend, durch ihr Eigengewicht bis zur Berührungsstelle hinuntergleiten. Diese Berührungs-



Anordnung der Kohlen bei der Bremer-Bogenlampe.

stelle beider gleichnamigen Kohlen bleibt demnach immer am gleichen Orte, auch wenn die Länge der einzelnen Kohlen sich infolge des Abbrennens vermindert. Beide Kohlenpaare stehen ausserdem in einem rechten Winkel zu einander, derart, dass die Flammenbogenstrecke zwischen ihnen horizontal liegt (siehe Skizze). Der horizontal liegende Flammenbogen erleidet aber durch den die Kohlenstifte durchfliessenden Strom eine Abstossung nach unten, so dass der Lichtbogen sich fächerartig ausbreitet.

Bei der Zündung wird mit Hilfe eines Elektromagneten das eine Kohlenstiftpaar gegen das andere bewegt.

Der Kohlenverbrauch der neuen Lampe soll etwa doppelt so gross sein als bei den bisherigen Bogenlampen, doch kann dies in Anbetracht der vorteilhafteren Stromausnutzung nur wenig in Betracht kommen.

Während bei den bisherigen Bogenlampen die weitaus grösste Lichtmenge von der weissglühenden Kohle herrührt und nur wenige Prozente der gesamten Lichtstrahlung von dem Flammenbogen selbst stammen, entwickelt bei der neuen Lampe der fächerartig ausgebreitete Lichtbogen selbst eine bedeutende Lichtmenge.

Durch seine rötliche Färbung verliert das Bogenlicht seinen bisherigen kalten Ton. Ihre Anwendung dürfte die neue Bremer-Lampe hauptsächlich auf Leuchttürmen, für Scheinwerfer etc. finden, da von Professor Wedding angestellte Versuche ergeben haben, dass das Licht derselben infolge seiner grösseren Wellenlänge Wasserdampf und Nebel auf die doppelte Entfernung zu durchdringen vermag als das bisherige bläulich-violette Bogenlicht.

Paris, Juli 1900.

(Eingegangen 25. Juli 1900.)

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen in Berlin.

Ein Naturwissenschaftlicher Ferienkursus wird in den Tagen vom 3. bis 13. Oktober für Lehrer höherer Schulen im Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin unter der Leitung des Direktors Professor Dr. Schwalbe abgehalten werden. Folgende Vorträge werden gehalten werden:

1. Professor Dr. Rubens: „Über den Einfluss der verschiedenen Strahlengattungen (Becquerelstrahlen, Röntgenstrahlen, ultraviolettes Licht u. s. f.) auf elektrische Entladungen."
2. Professor Dr. van't Hoff: „Die Stassfurter Salzvorkommnisse vom physikalisch-chemischen Standpunkte."
3. Professor Dr. Warburg: „Über magnetische Hysterese."
4. Dr. Spiess: „Über flüssige Luft mit Rücksicht auf die Verwendbarkeit zu Schulversuchen."
5. Professor Dr. Poske: „Zur Methodik des physikalischen Unterrichts."
6. Geheimer Ober-Regierungsrat Professor Dr. von Bezold: „Zur Theorie des Erdmagnetismus."
7. Professor Dr. Scymanski: „Schulversuche über elektrische Wellen."
8. Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Slaby: „Die Telegraphie ohne Draht, mit Demonstrationen."
9. Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Schwendener: a) „Die Flugapparate der Früchte und Samen"; b) „Das Winden und Klettern der Pflanzen."
10. Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Möbius: „Bau und Lebensweise der Cetaceen unter Erklärung der in der Schausammlung des Museums für Naturkunde aufgestellten anatomischen und biologischen Präparate."
11. Professor Dr. Wahnschaffe: „Über die Endmoräne Norddeutschlands."
12. Dr. Potonié: „Über die durch Pflanzenfossile gegebenen Belege für die fortschreitende, höhere Organisation der Pflanze."

Tagesereignisse.

In Paris wurde das Standbild Lavoisiers hinter der Madeleinekirche, gegenüber seinem einstigen Wohnhause, enthüllt.

Personalien.

An der Universität zu Breslau habilitierte sich Dr. E. Bose für Physik.

Der Privatdozent für Mathematik an der Technischen Hochschule zu Stuttgart Dr. E. Wölffing wurde zum Professor ernannt.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität zu Tübingen Dr. W. Küster wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Der ordentliche Professor der Physik Dr. L. Pfaundler an der Universität zu Graz wurde zum Hofrat ernannt.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität zu Lausanne Dr. L. Pelet wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Der Privatdozent Dr. H. Fehr wurde zum ordentlichen Professor der Geometrie und Algebra an der Universität in Genf ernannt.

Der Realschulprofessor Dr. Theod. Schmid in Wien wurde zum ausserordentlichen Professor der darstellenden Geometrie an der technischen Hochschule daselbst ernannt.

In München habilitierte sich Dr. Georg Rhode für allgemeine Chemie.

In Kopenhagen starb der Chemiker Professor Johann Kjeldahl, 50 Jahre alt.

Dem Honorarprofessor für angewandte Thermodynamik an der Technischen Hochschule in München, Dr. Karl v. Linde, wurde der Titel und Rang eines ordentlichen Professors dieser Hochschule verliehen.

Zum Wintersemester treten in den Lehrkörper der Universität Freiburg i. B. ein: Dr. Gattermann-Heidelberg als ordentlicher Professor der Chemie, und Dr. Königsberger-Heidelberg als Privatdozent der Physik.

Der Professor der mechanischen Technologie an der Technischen Hochschule in Stuttgart, Johann Zeman, ist gestorben.

Der Professor der Chemie an der Universität zu Würzburg Dr. J. Tafel erhielt von der Akademie der Wissenschaften in Berlin zur Fortsetzung seiner Arbeiten über die elektrolytische Reduktion 1000 Mk. Subvention.

Zum stellvertretenden Vorsteher des elektrotechnischen Laboratoriums der Technischen Hochschule zu Charlottenburg ist Professor Dr. W. Wedding ernannt worden. Vorsteher des Laboratoriums ist Geh. Regierungrat Professor Slaby.

Die Stelle eines Hilfslehrers für analytische Chemie an der Technischen Hochschule in Stuttgart wurde dem bisherigen provisorischen Hilfslehrer Professor Dr. Kehrer übertragen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.